

А.Н. Чашин¹, И.А. Самофалова², Н.М. Мудрых³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПАШНИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

АННОТАЦИЯ

Матрица цифровой модели рельефа (ЦМР) позволяет выявить взаимосвязь почвенного покрова с морфометрическими показателями. Поэтому при отсутствии возможности полевого крупномасштабного обследования почв, для территорий имеющих высокую степень эрозионной опасности, данные о рельефе позволяют выполнить прогнозные крупномасштабные почвенные карты. Цель работы – создать картографическую модель почвенного покрова сельскохозяйственных угодий на основе экстраполяции результатов обработки ЦМР и провести сравнение с имеющейся крупномасштабной почвенной картой в подобных природных условиях.

Объектом исследований является территория ООО «Сельское» расположенная в Соликамском городском округе Пермского края. Сельскохозяйственное землепользование относится к самым северным землям сельскохозяйственного назначения в крае. Общая площадь исследований составила 429 га пашни. Участок включает в себя 8 полей. Для почвенного картографирования использована цифровая модель рельефа ALOS 30 и крупномасштабная почвенная карта ключевого участка, характеризующая часть землепользования подсобного хозяйства «Восход». Используя результаты классификации рельефа по алгоритму ГИС SAGA TPI based landform classification в качестве контурной основы и имеющуюся почвенную карту ключевого участка, методом экстраполяции выполнена почвенная карта ООО «Сельское». В качестве вспомогательных данных использованы крутизна склонов и топографический индекс влажности. В условиях сложного рельефа установлена четкая зависимость расположения почв по элементам рельефа.

Путем экстраполяции данных крупномасштабной почвенной съемки выделено 10 почвенных картографических единицы. По элементам рельефа выделили подзолистые, дерново-подзолистые, болотно-подзолистые и аллювиальные почвы. По гранулометрическому составу преобладают легкие почвы, небольшую площадь занимают средне-суглинистые.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Пермский край, почвенная карта, цифровые модели рельефа, базовая классификация рельефа.

¹ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия,
e-mail: chascshin@mail.ru

² Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия,
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия,
e-mail: nata020880@hotmail.com

Aleksey N. Chashchin¹, Iraida A. Samofalova², Natalya M. Mudrykh³

THE USE OF MORPHOMETRIC INDICATORS OF THE RELIEF FOR SOIL MAPPING OF AROUND PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE TAIGA IN THE NORTHERN PART OF THE PERM REGION

ABSTRACT

The digital elevation model (DEM) matrix allows to reveal the relationship of the soil cover with morphometric parameters. Therefore, in the absence of the possibility of a large-scale field survey of soils, for territories with a high degree of erosion hazard, the data on the relief make it possible to carry out predictive large-scale soil maps. The aim of the work is to create a cartographic model of the soil cover of agricultural land based on the extrapolation of the results of DEM processing and to compare it with the existing large-scale soil map in similar natural conditions. The object of research is the territory of LLC "Selskoe" located in the Solikamsk urban district of the Perm region. Agricultural land use belongs to the northernmost agricultural lands in the region. The total area of research was 429 hectares of arable land. The plot includes 8 fields. For soil mapping, a digital elevation model ALOS 30 and a large-scale soil map of the key site were used, which characterizes part of the land use of the subsidiary farm "Voskhod". Using the results of the classification of the relief according to the GIS SAGA TPI based landform classification algorithm as a contour base and the existing soil map of the key site, a soil map of LLC "Selskoe" was made by the extrapolation method. The steepness of the slopes and the topographic moisture index were used as auxiliary data. In conditions of complex relief, a clear dependence of the location of soils on relief elements has been established. By extrapolating data from a large-scale soil survey, 10 soil cartographic units were identified. According to the relief elements, podzolic, sod-podzolic, bog-podzolic and alluvial soils were identified. In terms of granulometric composition, light soils prevail, a small area is occupied by medium loamy soils.

KEYWORDS: Perm region, soil map, digital elevation models, based landform classification.

ВВЕДЕНИЕ

Решение прикладных задач почвоведения в сельском хозяйстве, связанных как с оценкой почвенных и земельных ресурсов, так и с моделированием и оценкой рисков в экологии и природопользовании, требует пространственной информации о почвах. Почвенные карты имеют теоретическое и прикладное значение. Вопросам разработки оптимальных методов картографирования почв всегда уделялось повышенное внимание со времен становления почвоведения как науки. Традиционное составление почвенных карт с развитием новых методов в науке со временем постепенно эволюционировали, особенно с появлением данных дистанционного зондирования и с внедрением методов математического и геостатистического моделирования.

¹ Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya st. 23, 614990, Perm, Russia,
e-mail: chascshin@mail.ru

² Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya st. 23, 614990, Perm, Russia,
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

³ Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya st. 23, 614990, Perm, Russia,
e-mail: nata020880@hotmail.com

При создании почвенных карт в современных условиях применяются разнообразные методы обработки пространственных данных. Первичными источниками пространственных данных являются мультиспектральные спутниковые снимки и глобальные цифровые модели рельефа (ЦМР). Космические снимки отражают неоднородность открытой поверхности почвы и состояние растительного покрова, по которому косвенно можно судить о разнообразии почв. Матрица цифровой модели рельефа позволяет выявить взаимосвязь почвенного покрова с рельефом территории, которая наиболее сильно проявляется в сложных геоморфологических условиях. В связи с этим, при отсутствии возможности полевого крупномасштабного обследования почв, для территорий, имеющих высокую степень эрозионной опасности, данные о рельефе, позволяют выполнить прогнозные крупномасштабные почвенные карты или провести корректировку существующих, почвенных карт [Калиев, 2020].

Цифровое моделирование рельефа, реализуемое геоинформационными программными продуктами, лежит в основе расчета большого числа топографических индексов и морфометрических показателей [Шихов, 2017], которые применяются при нанесении почвенных контуров в крупномасштабном почвенном картографировании территорий со сложным и расчлененным рельефом, к которым относится Пермский край. Пермский край характеризуется большим разнообразием геоморфологических, литолого-геологических условий, что определяет формирование на его территории сложного почвенного покрова и его многокомпонентность. Ведущими непосредственными факторами пространственной неоднородности почвенного покрова, является рельеф, литологические условия, грунтовые воды. В условиях сложного рельефа Пермского края существует четкая зависимость почв от элементов рельефа.

Цель исследования – создать картографическую модель почвенного покрова сельскохозяйственных угодий на основе экстраполяции результатов обработки ЦМР и провести сравнение с имеющейся крупномасштабной почвенной картой в подобных природных условиях.

Задачи исследований:

1. Выделить формы рельефа и вычислить морфометрические показатели рельефа исследуемой территории по ЦМР;
2. Установить взаимосвязь условий морфометрических показателей рельефа с почвенным покровом ключевого участка по существующей крупномасштабной почвенной карте;
3. Выполнить экстраполяцию почвенного покрова на исследуемый участок на основе выявленной связи морфометрических показателей рельефа с почвенным покровом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в северной части Пермского края (рис. 1) в Соликамском районе (ООО «Сельское»), который по природно-сельскохозяйственному районированию входит в южно-таежную зону Среднерусской провинции, почвенный район – центрально-восточный южно-таежный лесной [Самофалова, 2013]. Согласно агроклиматическому районированию, территория хозяйства входит в четвертый агроклиматический район [Коротаев, 1962; Агроклиматический..., 1979, Назаров, 1999, Почвенный..., 2001]. Продолжительность безморозного периода 80-90 дней. За год выпадает 300-650 мм осадков. Биологический коэффициент продуктивности составляет 1,8, климатический индекс биологической продуктивности при естественном увлажнении – 86–90 баллов, что характеризует территорию района как удовлетворительную по условиям выращивания сельскохозяйственных культур [Ермакова, 2010].

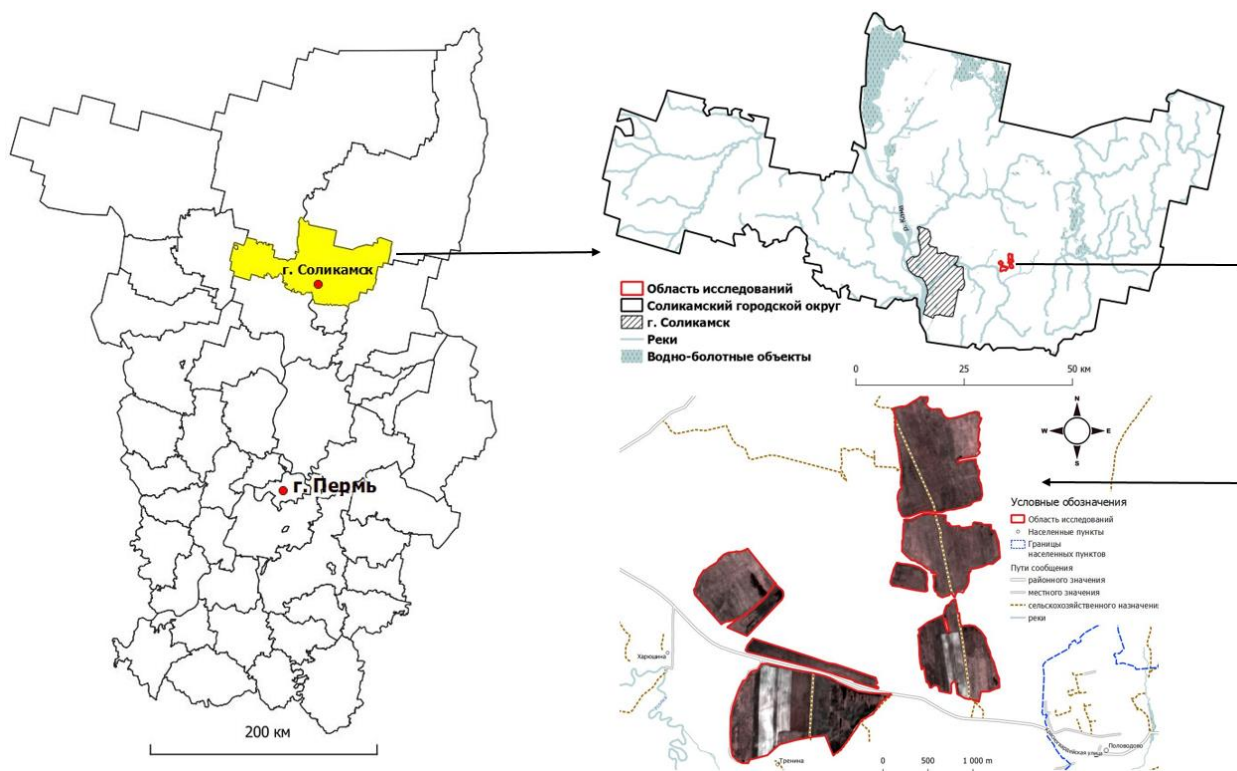


Рис. 1. Расположение ООО «Сельское» на территории Пермского края
 Fig. 1. Location of LLC "Selskoe" in the Perm Territory

По геоморфологическому районированию территория хозяйства входит в сектор А Восточно-Европейская равнина и геоморфологическую область (А-III) – денудационная равнина Среднего Предуралья, которая расположена в пределах восточной окраины Русской платформы и Уфимско-Соликамской впадины Предуральского прогиба, сложенных почти горизонтально залегающими породами пермского возраста, перекрытыми маломощным чехлом антропогенных отложений [Шимановский, 1970]. Среднекамская (Соликамская) низменная долина – сложная морфоструктура, приуроченная к Соликамской впадине Предуральского прогиба, Пермскому своду и Верхнекамской впадине Русской платформы. В новейший тектонический этап здесь сформировалась узкая вытянутая депрессия – Соликамская низменная равнина с отметками высот рельефа 63–200 м, углы наклона, в основном, до 2°, вертикальное расчленение 36–80 м. Почвообразующие породы представлены покровными глинами и суглинками, двучленными отложениями, водно-ледниковыми отложениями, аллювиальными отложениями, элювием известняков и мергелей.

По почвенно-экологическому районированию территория хозяйства входит в подзону подзолистых почв средней тайги, Камско-Верхне-Вычегодскую провинцию подзолистых почв, Верхнекамский округ подзолов иллювиально-железистых и подзолов торфяно-глеевых песчаных на флювиогляциальных и древнеаллювиальных отложениях [Карта..., 1997].

Территория включает 8 полей, расположенных в Соликамском городском округе Пермского края (рис. 1). Землепользование хозяйства состоит из сельскохозяйственных угодий – 429 га. Тип угодья – пашня. Почвенный покров представлен в основном агродерново-неглубокоподзолистыми, агроподзолистыми, дерново-карбонатными, дерновыми и аллювиальными почвами. Условия формирования территории и разнообразие

почвообразующих пород обуславливают пестроту почвенного покрова на разных таксономических уровнях в пределах поля.

Крупномасштабные почвенные обследования на представленную территорию не проводились. Однако в 2200 м на запад расположено землепользование подсобного хозяйства Соликамского лесозаготовительного комбината «Восток», для которого в 1988 году проведено крупномасштабное почвенное картографирование Пермским филиалом УРАЛГИПРОЗЕМ [Почвы..., 1988]. Фрагмент крупномасштабной почвенной карты относительно местоположения земель ООО «Сельское» представлен на рисунке 2.

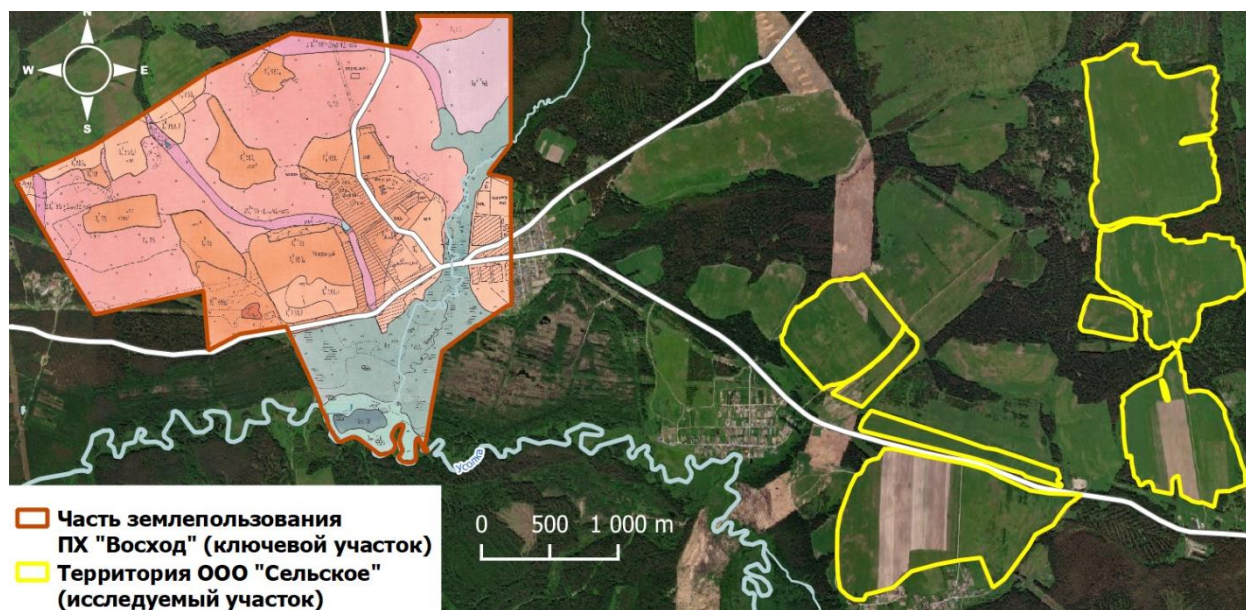


Рис. 2. Ключевой (ПХ «Восход») и исследуемый участки (ООО «Сельское»)
 Fig. 2. Key (Subsidiary Farm "Voskhod") and study plots (LLC "Selskoe")

Анализ геоморфологических условий территории проведен на основе открытой цифровой модели рельефа японского аэрокосмического агентства JAXA (пространственное разрешение 30 м). Использование этой матрицы рельефа основано на соответствии масштабу (1:10000) имеющегося фрагмента крупномасштабной почвенной карты [Почвы..., 1988]. Следует отметить, что для почвенного картографирования [McBratne, 2003] в масштабе от 1: 5000 до 1: 20000 размер пикселя исходного растра должен быть от 10 до 40 м. Такой подход обусловлен тем, что для растровых почвенных карт корректной характеристикой является не масштаб, а пространственное разрешение [Савин, 2019].

Рассчитанные по ЦМР ALOS30 морфометрические показатели свидетельствуют о значительном разнообразии условий рельефа, развитой сетью водотоков, выраженной эрозионной опасности и наличием участков избыточного увлажнения (рис 3). Преобладающей экспозицией склонов является восточная. Данные показатели были использованы при подборе характерных типов почв.

Контурная основа почвенной карты ООО «Сельское» представляет результат переклассификации рельефа по алгоритму SAGA TPI Based Landform Classification [Watkins, 2021]. Полученные формы рельефа преобразовывались в векторный слой и агрегированы в почвенные контуры размером от 0,25 га [Общесоюзная..., 1973, Евдокимова, 1987] с учетом крутизны, расположением относительно речной сети (выделялись аллювиальные почвы) и топографического индекса влажности, характеризующего замкнутые понижения и водотоки.

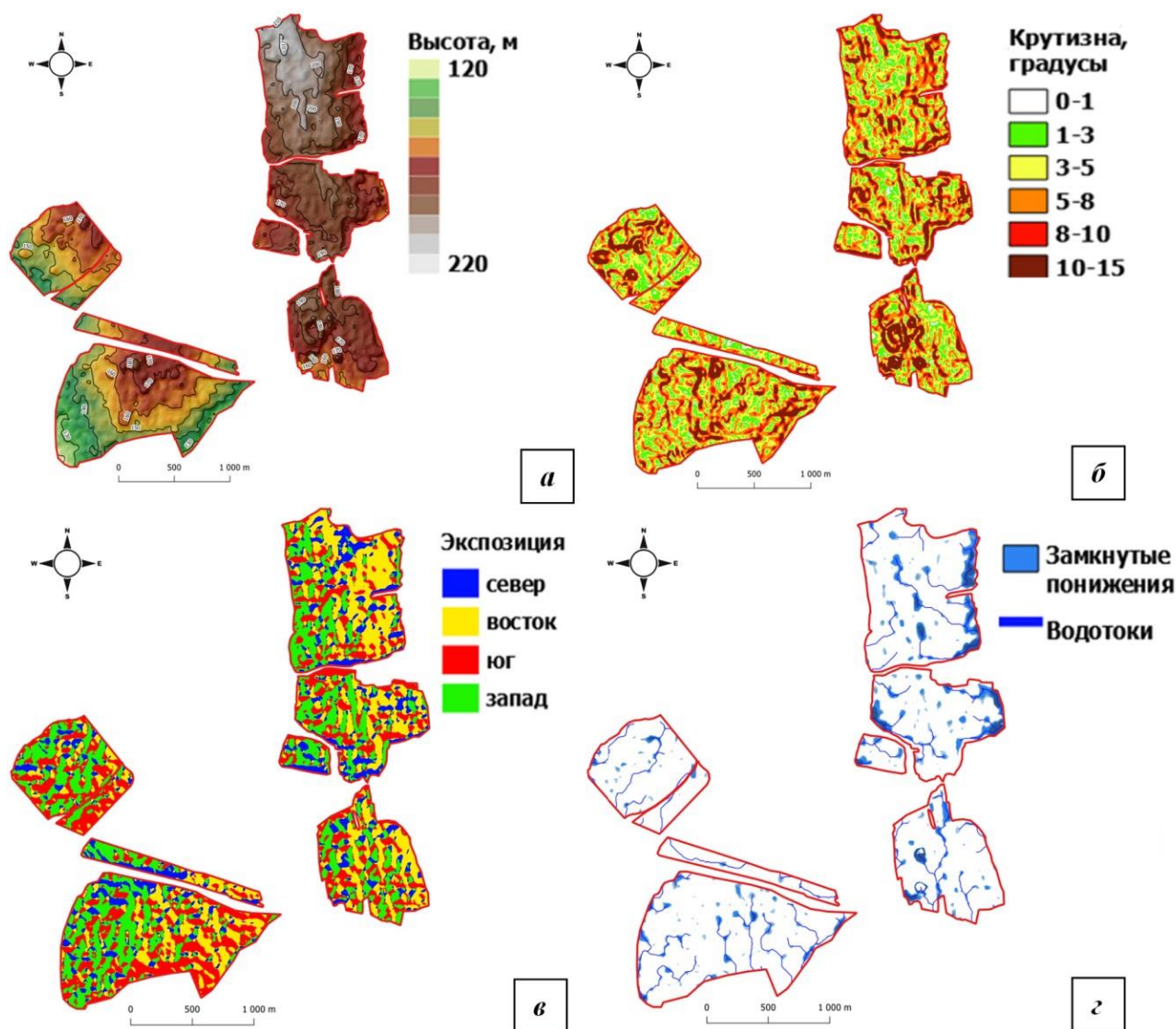


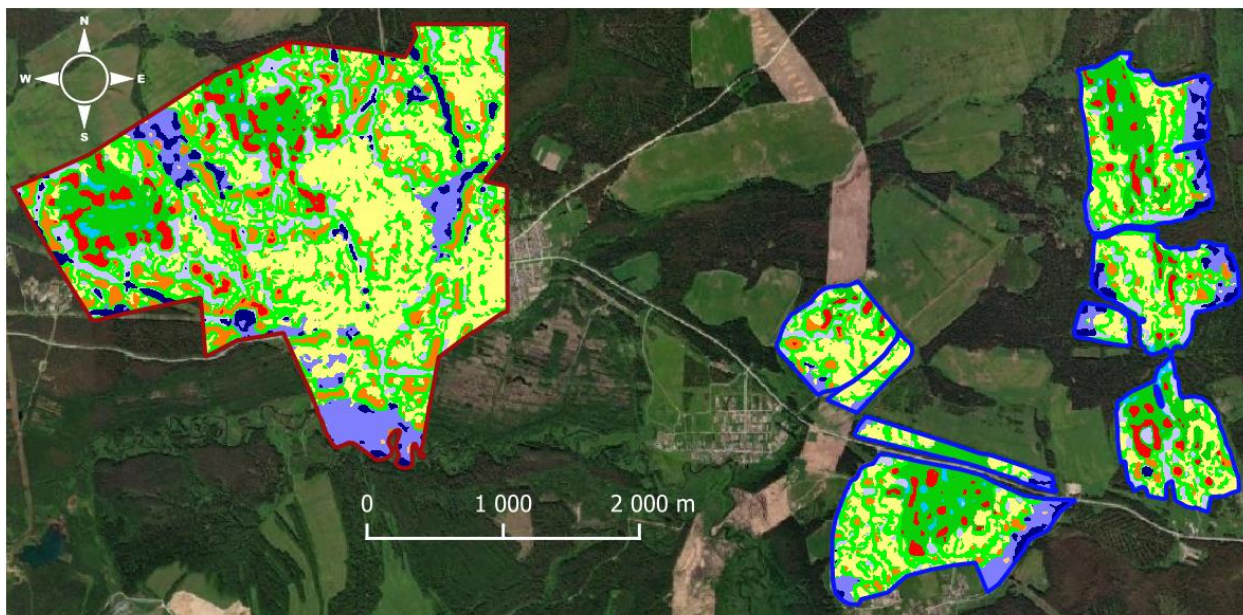
Рис. 3. Морфометрические показатели рельефа территории исследования
a – рельеф территории; *б* – уклоны; *в* – экспозиция; *г* – водотоки и замкнутые понижения
 Fig. 3. Morphometric indicators of the relief of the study area
a – relief of the territory; *b* – slopes; *c* – exposure; *d* – watercourses and closed depressions

Обработка цифровой модели рельефа выполнялась средствами программы SAGA, интегрированной в геоинформационную систему QGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обработки цифровой модели рельефа ALOS 30 по алгоритму SAGA TPI Based Landform Classification получен дискретный растр элементов рельефа (рис 4). В соответствии с документацией ГИС SAGA выделяется 10 элементов, которые нумеруются от 0 до 9. Нами использована цветовая градация характерных элементов рельефа по [Watkins, R.L., 2021].

Карта форм рельефа (слой Land Forms) получена для двух участков: первый на котором уже имеется почвенная карта (ключевой участок) и второй для землепользования ООО «Сельское» (рис. 4).



- | | |
|--|--|
| ■ 0-Бессточные понижения | ■ 5-Крутые участки склонов |
| ■ 1-Ложбинообразные понижения | ■ 6-Верхняя часть склона |
| ■ 2-Приводораздельные ложбинообразные понижения | ■ 7-Перегибы склонов |
| ■ 3-Ложбины стока | ■ 8-Склоновые гребни |
| ■ 4-Ровный участок | ■ 9-Водораздельная равнина |
| Участок, имеющий покрытие крупномасштабной почвенной картой (М 1:10000) | |
| Участок экстраполяции результатов обработки ЦМР с использованием уже имеющейся крупномасштабной почвенной карты (область исследований) | |

Рис. 4. Результат классификации рельефа области исследований по методу SAGA TPI Based Landform Classification на участок, имеющий покрытие крупномасштабной почвенной картой и участок исследований

Fig. 4. The result of the classification of the relief of the research area according to the SAGA TPI Based Landform Classification method into a plot covered by a large-scale soil map and a research plot

На оба участка получено одинаковое число форм рельефа. При этом различия в площадях по большинству выявленных форм не является существенным, кроме верхних частей склонов и склоновых гребней, площади которых не значительны, что видно из таблицы 1.

Таким образом, по полученным данным рельеф ключевого участка (ПХ «Восход») является представительным для экстраполяции почвенного покрова на территорию ООО «Сельское». Преобладающими формами рельефа являются крутые участки склонов и ровные участки. Наименьшие площади занимают перегибы склонов и приводораздельные ложбинообразные понижения, поэтому почвы данных участков объединены с преобладающими.

Для оценки площадного распределения почв по выявленным формам рельефа контуры почв части территории ПХ «Восход» были векторизованы. Результат наложения векторного слоя почв ключевого участка на карту форм рельефа представлен на рисунке 5. По полученным данным наибольшую площадь (треть территории) занимают мелкоподзолистые песчаные почвы (П₂ПВ), которые в основном приурочены к ровным участкам и верхним частям склонов.

Таблица 1. Характеристика выделенных элементов рельефа
 Table 1. Characteristics of the selected relief elements

№ п/п	Значение растра	Цвет [Watkins, 2021]	Название [Watkins, 2021]	Интерпретация названия	Доля площади, %	
					Ключевой участок	ООО «Сельское»
1	0	Dark Blue	Streams	Бессточные понижения	4,2	4,0
2	1	Light Blue	Midslope Drainage	Ложбинообразные понижения	9,0	7,4
3	2	Cyan	Upland Drainage	Приводораздельные ложбинообразные понижения	0,5	1,0
4	3	Light Purple	Valleys	Ложбины стока	6,7	7,4
5	4	Yellow	Plains	Ровный участок	29,4	25,5
6	5	Light Green	Open Slopes	Крутые участки склонов	29,0	27,9
7	6	Green	Upper Slopes	Верхняя часть склона	7,5	17,9
8	7	Light Orange	Local Ridges	Перегибы склонов	0,1	0,1
9	8	Orange	Midslope Ridges	Склоновые гребни	9,1	4,1
10	9	Red	High Ridges	Водораздельная равнина	4,5	4,8

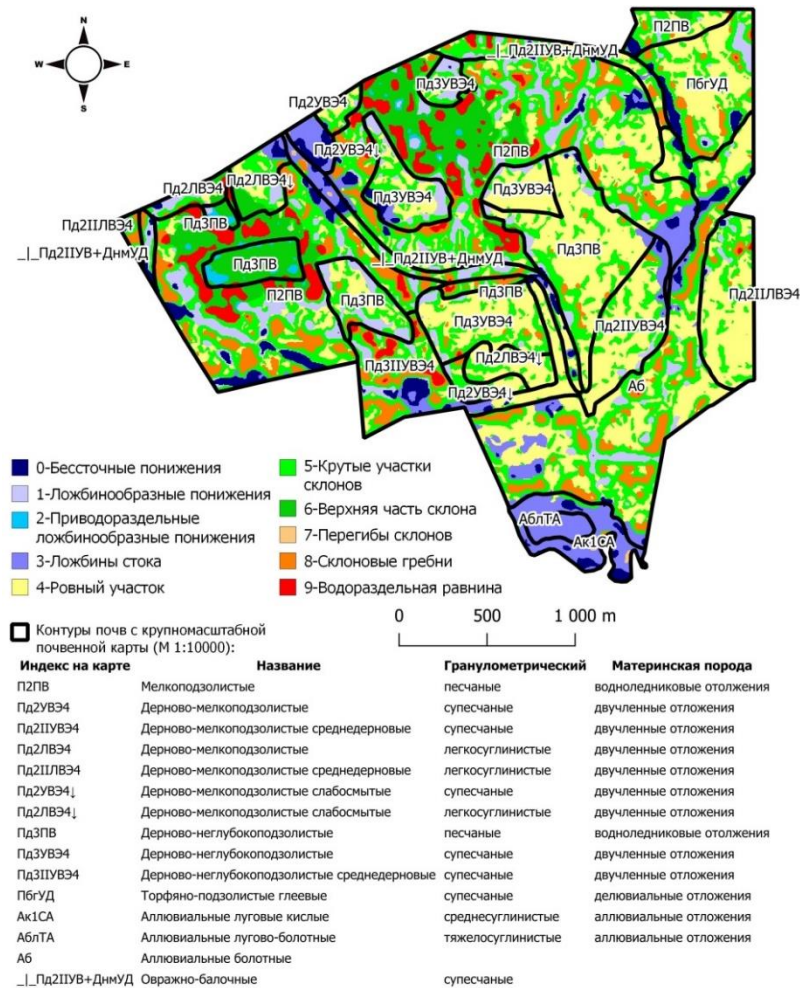


Рис. 5. Результат наложения векторизованной починной карты на карту форм рельефа
 Fig. 5. The result of overlaying a vectorized soil map onto a bump map

Контуры аллювиальных почв (Ак₁СА) четко соответствуют бессточным понижениям и приводораздельным ложбинообразным понижениям в пойме. Овражно-балочные почвы занимают вытянутые по форме ложбинообразные понижения и бессточные понижения. Из дерново-подзолистых почв песчаные разновидности встречаются в основном на верхних частях склонов и выровненных участках. Супесчаные и легкосуглинистые разновидности дерново-подзолистых почв приурочены к крутым участкам склонов и являются эродированными.

Взаимосвязь почв ключевого участка с формами рельефа представлена в таблице 2.

Табл. 2. Расположение почв ключевого участка по формам рельефа

Table 2. The location of the soils of the key plot by landforms

Почва	Преобладающие формы рельефа по ЦМР	Площадь почв	
		га	%
П ₂ ПВ	Ровные участки, Верхняя часть склона	248,2	35,3
Пд ₂ ^{II} УВЭ ₄	Ровные участки	28,79	4,1
Пд ₂ ЛВЭ ₄	Ровные участки, Верхняя часть склона	34,77	4,9
Пд ₂ УВЭ ₄ ↓	Крутые участки склонов	11,12	1,6
Пд ₂ ЛВЭ ₄ ↓	Крутые участки склонов	19,89	2,8
Пд ₃ ПВ	Ровные участки, верхняя часть склона	76,07	10,8
Пд ₃ УВЭ ₄	Ровные участки	55,71	7,9
Пд ₃ ^{II} УВЭ ₄	Ровные участки	34,52	4,9
ПбгУД	Бессточные понижения, ровные участки, ложбинообразные понижения	35,23	5,0
Ак ₁ СА	Бессточные понижения и приводораздельные ложбинообразные понижения в пойме	16,85	2,4
АблТА	Бессточные понижения и приводораздельные ложбинообразные понижения в пойме	4,83	0,7
Аб	Ложбинообразные понижения (вблизи поймы)	104,64	14,9
Пд ₂ ^{II} УВ+Днм УД	Ложбинообразные понижения и бессточные понижения	32,66	4,6

Наиболее устойчивые закономерности топографического расположения почв установлены для подзолистых, торфяно-подзолистых глеевых, дерново-мелко и неглубоко подзолистых почв. Топографические признаки наличия аллювиальных почв подтверждаются только вблизи русла реки Усолка.

При выполнении почвенной карты на контурной основе были скорректированы площади почвенных контуров. Согласно требованиям, к содержанию крупномасштабных почвенно-ландшафтных карт в масштабе 1:10000, площадь минимального контура составляет 0,25 га [Евдокимова, 1987]. Поэтому контуры элементов рельефа площадью меньше 0,25 га объединялись с прилегающими. Таким образом, в результате генерализации из 535 предварительных контуров на карте выделено 75 почвенных контуров. Экстраполяция данных крупномасштабной почвенной съемки с уже имеющейся почвенной карты по формам рельефа позволила выделить в структуре почвенного покрова ООО «Сельское» 10 почвенных картографических единиц. Преобладающей почвой является мелкоподзолистая, что было выявлено и на ключевом участке (рис. 6).

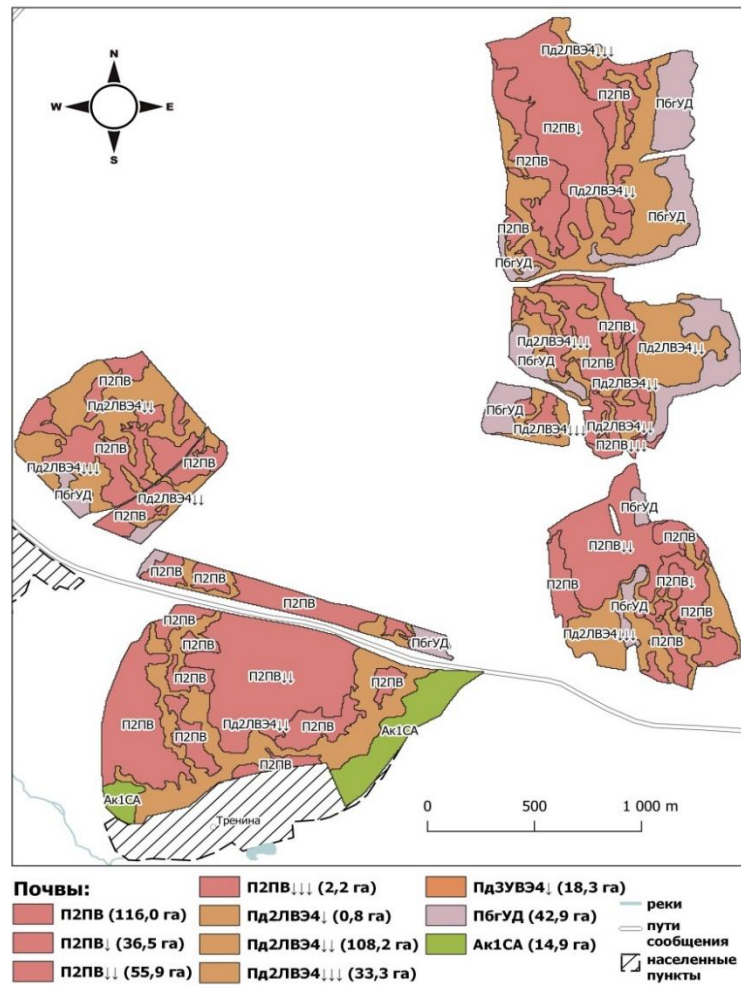


Рис. 6. Почвенная карта
Fig. 6. Soil map

Табл. 3. Экспликация почвенной карты
Table 3. Correlation coefficients for fertile soil layer thickness and NDVI

Индекс	Цвет	Название почвы	Гранулометрический состав	Почвообразующая порода	Условия залегания по рельефу	Площадь	
						га	%
П ₂ ПВ		Мелкоподзолистая	Песчаная	Водноледниковые отложения	Верхняя часть склона, уклон до 3°	116,0	27,1
П ₂ ПВ↓		Мелкоподзолистая слабосмытая	Песчаная	Водноледниковые отложения	Верхняя часть склона, уклон 3-5°	36,5	8,5
П ₂ ПВ↓↓		Мелкоподзолистая среднесмытая	Песчаная	Водноледниковые отложения	Верхняя часть склона, уклон 5-8°	55,9	13,0
П ₂ ПВ↓↓↓		Мелкоподзолистая сильносмытая	Песчаная	Водноледниковые отложения	Верхняя часть склона, уклон 8-10°	2,2	0,5
П _{д2} ЛВЭ ₄ ↓		Дерново-мелкоподзолистая слабосмытая	Легкосуглинистая	Двучленные отложения	Крутые участки склонов в 3-5°	0,8	0,2
П _{д2} ЛВЭ ₄ ↓↓		Дерново-мелкоподзолистая среднесмытая	Легкосуглинистая	Двучленные отложения	Крутые участки склонов в 5-8°	108,2	25,2
П _{д2} ЛВЭ ₄ ↓↓↓		Дерново-мелкоподзолистая среднесмытая	Легкосуглинистая	Двучленные отложения	Крутые участки склонов в 8-10°	33,3	7,8
П _{д3} УВЭ ₄ ↓		Дерново-неглубокоподзолистая слабосмытая	Супесчаная	Двучленные отложения	Склоны в 3-5°	18,3	4,3
ПбГУД		Торфяно-подзолистая глеевая	Супесчаная	Делювиальные отложения	Бессточные понижения	42,9	10,0
Ак ₁ СА		Аллювиальная луговая кислая	Среднесуглинистая	Аллювиальные отложения	Ложбины стока (в пойме)	14,9	3,5
						429	100

ВЫВОДЫ

Таким образом, используя результаты классификации рельефа, данные крутизны склонов и топографического индекса влажности, методом интерполяции выполнена почвенная карта. В условиях сложного рельефа объекта исследований путем экстраполяции данных крупномасштабной почвенной съемки выделили подзолистые, дерново-подзолистые, болотно-подзолистые и аллювиальные почвы. Применение в крупномасштабном почвенном картографировании современных методов обработки цифровой модели рельефа позволяет эффективно в камеральных условиях выполнить прогнозную почвенную карту. При существующих нормативах данный подход позволяет выделить значительно большее число почвенных контуров, чем в традиционном крупномасштабном почвенном картографировании по топографической основе. В условиях сложного рельефа Пермского края существует четкая зависимость почв от элементов рельефа. Наиболее заметная связь наблюдается на ровных участках и участках бессточных понижений, где сформировались соответственно подзолистые и торфяно-подзолистые почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический справочник по Пермской области. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 179 с.
2. *Евдокимова Т.И.* Почвенная съемка: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1987. 271 с.
3. *Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И., Безматерных Е.А.* Оценка агроклиматических ресурсов территории Пермского края. Географический вестник, 2010. № 2(13). С. 52–58.
4. *Калиев М.И., Федотова А.В.* Формирование картографического материала на основе переработанных почвенных картосхем с наземной корректировкой границ территорий землепользования. АгроЭкоИнфо. 2020, №4. http://agroeco.info.narod.ru/journal/СТАТУИ/2020/4/st_418.pdf (дата обращения 01.10.2017).
5. Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской части России. Под ред. Г.В. Добровольского. 1997.
6. *Коротяев Н.Я.* Почвы Пермской области. Пермь: Кн. изд-во, 1962. 275 с.
7. *Назаров Н.Н., Шарыгин М.Д.* География Пермской области. Пермь: Книжный мир, 1999. 248 с.
8. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. М.: Колос, 1973. 95 с.
9. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. Коллектив авторов под редакцией Л.Л. Шишова, Н.В. Комова, А.З. Родина и др. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2001. 400 с.
10. Почвы подсобного хозяйства «Восход» Соликамского лесозаготовительного комбината Соликамского района, Пермской области и рекомендации по их использованию. Пермь: Пермский филиал УРАЛГИПРОЗЕМ, 1988. 76 с.
11. *Савин И.Ю.* Проблема масштаба в современной почвенной картографии. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 2019. Вып. 97. С. 5–20
12. *Самофалова И.А., Мудрых Н.М., Каменских Н.Ю., Лобанова Ю.А.* Агроэкологическая типизация земель как основа совершенствования внутрихозяйственного землеустройства, системы севооборотов и удобрений. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. № 5(103). С. 45–50.
13. *Шимановский Л.А.* Основные факторы формирования рельефа Пермской области. Ученые записки ПГУ, 1970. № 20. С. 141–159.

14. *Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В.* Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2017. 88 с.
15. *McBratney A.B., Mendonça Santos M.L., Minasny B.* On digital soil mapping. *Geoderma*, 2003. Vol. 117. No. 1–2. P. 3–52.
16. *Watkins R.L.* Terrain Metrics and Landscape Characterization from Bathymetric Data: SAGA GIS Methods and Command Sequences. Report Prepared for the Ecospatial Information Team, Coral Reef Ecosystem Division, Pacific Islands Fisheries Science Scenter: Honolulu, HI, under NOAA Contract Number WE-133F-15-SE-0518. Available online: [Ftp://ftp.soest.hawaii.edu/pibhmc/website/webdocs/documentation/linkages_project_methods_final.pdf](ftp://ftp.soest.hawaii.edu/pibhmc/website/webdocs/documentation/linkages_project_methods_final.pdf) (accessed on 20.02.2021).

REFERENCES

1. Agroclimatic reference book to the Perm region. L.: Hydrometeoizdat, 1979. 179 p. (in Russian).
2. All-Union Instruction on Soil Investigations and Compilation of Large-Scale Soil Land Use Maps. M.: Kolos, 1973. 95 p. (in Russian).
3. *Ermakova L.N., Tolmacheva N.I., Bezmaternyh E.A.* The evaluation of agro-climatic resources within the territory of Perm region. *Geographical Bulletin*, 2010. № 2(13). P. 52–58 (in Russian).
4. *Evdokimova T.I.* Soil survey: textbook allowance. 2nd ed., Rev. and add. M.: Publishing house of Moscow State University, 1987. 271 p. (in Russian).
5. *Kaliev M.I., Fedotova A.V.* The formation of cartographical document based on reworked soil maps with ground-based adjustment to the boundaries of areas of land use. *AgroEcoInfo*. 2020. №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_418.pdf. (in Russian).
6. *Korotaev N.Ya.* Soils of the Perm region. Perm: Book publishing house, 1962. 275 p. (in Russian).
7. Map of soil-ecological zoning of the East European part of Russia. Ed. G.V. Dobrovolsky. 1997 (in Russian).
8. *McBratney A.B., Mendonça Santos M.L., Minasny B.* On digital soil mapping. *Geoderma*, 2003. V. 117. No 1–2. P. 3–52.
9. *Nazarov N.N., Sharygin M.D.* Geography of the Perm region. Perm: Book world, 1999. 248 p. (in Russian).
10. *Samofalova I.A., Mudrykh N.M., Kamenskikh N.Yu., Lobanova Yu.A.* Agro-ecological type assignment of lands as foundation for improving crop rotation and fertilization systems. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2013. № 5(103). P. 45–50 (in Russian).
11. *Savin I.Yu.* The scale problem in modern soil mapping. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2019. V. 97. P. 5–20 (in Russian).
12. *Shikhov A.N., Cherepanova E.S., Pyankov S.V.* Geographic information systems: methods of spatial analysis: textbook allowance. Perm: PSNIU, 2017. 88 p. (in Russian).
13. *Shimanovsky L.A.* The main factors of the formation of the relief of the Perm region. *Scientific notes of PSU*, 1970. No 20. P. 141–159 (in Russian).
14. Soil cover and land resources of the Russian Federation. A team of authors edited by L.L. Shishova, N.V. Komova, A.Z. Rodina and et al. M.: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2001. 400 p. (in Russian).

15. Soils of the subsidiary farm "Voskhod" of the Solikamsk logging plant of the Solikamsk region, the Perm region and recommendations for their use. Perm: Perm branch of URALGIPROZEM, 1988. 76 p. (in Russian).
 16. *Watkins R.L.* Terrain Metrics and Landscape Characterization from Bathymetric Data: SAGA GIS Methods and Command Sequences. Report Prepared for the Ecospatial Information Team, Coral Reef Ecosystem Division, Pacific Islands Fisheries Science Scenter: Honolulu, HI, under NOAA Contract Number WE-133F-15-SE-0518. Available online: [Ftp://ftp.soest.hawaii.edu/pibhmc/website/webdocs/documentation/linkages project methods final.pdf](ftp://ftp.soest.hawaii.edu/pibhmc/website/webdocs/documentation/linkages_project_methods_final.pdf) (accessed on 20.02.2021).
-